

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 3213078 C2

51 Int. Cl. 3:
G01T 3/00

21 Aktenzeichen: P 32 13 078.3-33
22 Anmeldetag: 7. 4. 82
43 Offenlegungstag: 20. 10. 83
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10. 1. 85

DE 3213078 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Interatom Internationale Atomreaktorbau GmbH,
5060 Bergisch Gladbach, DE; Kernforschungsanlage
Jülich GmbH, 5170 Jülich, DE

72 Erfinder:

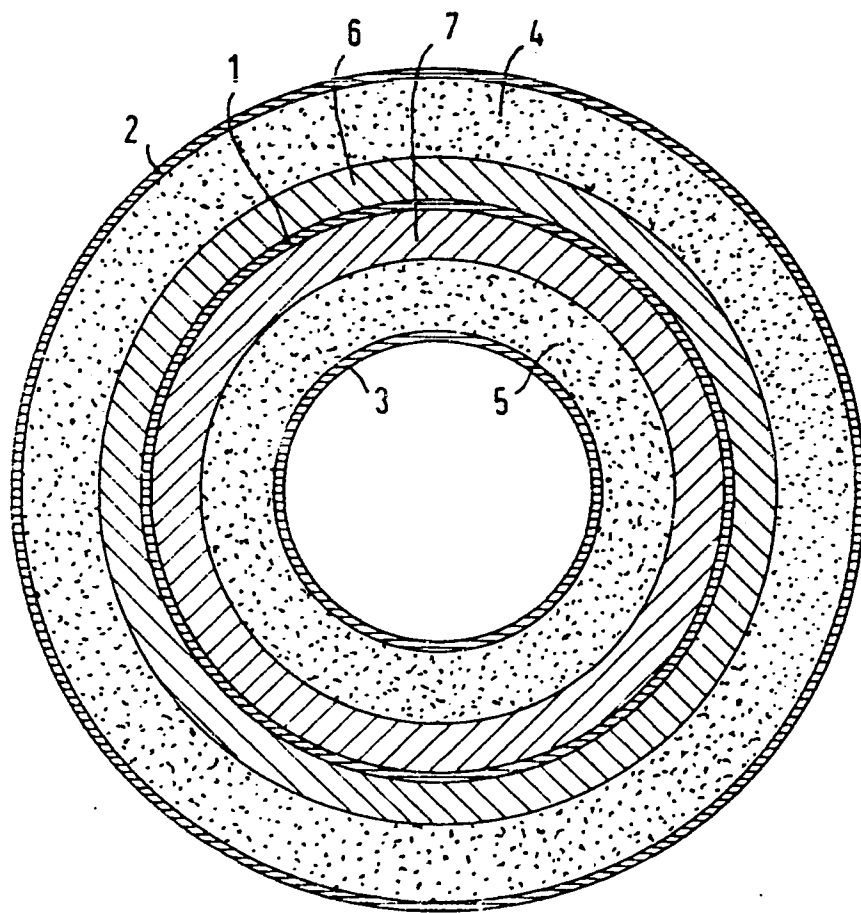
Brixy, Heinz, Dr. Dipl.-Phys., 5162 Niederzier, DE;
Spillekothen, Hans-Gerd, Ing. (grad.), 5064 Rösraht,
DE; Benninghofen, Günter, Ing. (grad.), 5203 Much,
DE; Serafin, Norbert, Ing. (grad.), 5600 Wuppertal,
DE

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-AS 23 00 221
DE-OS 24 30 295

54 Selbst stromliefernder Neutronendetektor mit einem Emitter aus einer Gadoliniumfolie und zwei dazu
konzentrischen Kollektoren

DE 3213078 C2



Patentansprüche:

1. Selbst stromliefernder Neutronendetektor mit drei konzentrisch ineinandergeschachtelten, elektrisch leitenden Rohren (1, 2, 3), deren mittleres (1) aus einer Gadoliniumfolie von nicht mehr als 1 mm Dicke den Emitter bildet und deren inneres (3) und äußeres (2) Kollektoren bilden, wobei die Rohre (1, 2, 3) durch isolierende Schichten (4, 5) elektrisch gegeneinander isoliert sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Emitter aus einer nur etwa 0,1 mm dicken Gadoliniumfolie (1) besteht und daß sich an diese auf ihrer Innen- und/oder Außenseite jeweils eine zusätzliche Hilfsemitterschicht (6, 7) anschließt bzw. anschließt.

2. Selbst stromliefernder Neutronendetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsemitterschicht(en) (6, 7) aus einem Stoff hoher Dichte und mit höherer mittlerer Ordnungszahl als der des die isolierenden Schichten (4, 5) bildenden Stoffes besteht bzw. bestehen.

3. Selbst stromliefernder Neutronendetektor nach Anspruch 1 oder 2 mit isolierenden Schichten aus Al_2O_3 oder MgO , dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsemitterschicht(en) (6, 7) aus einer Nickel-Legierung besteht bzw. bestehen.

4. Selbst stromliefernder Neutronendetektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsemitterschicht(en) (6, 7) in ihrer Dicke so bemessen ist bzw. sind, daß ein Maximum der Zahl der darin ausgelösten Compton- und Photoelektronen, die aufgrund des Elektro-Transmissionsgrades der Hilfsemitterschicht(en) tatsächlich austreten, erreicht wird.

5. Selbst stromliefernder Neutronendetektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsemitterschicht(en) (6, 7) aus einer Legierung auf Nickel-Basis mit Kobalt-, Chrom- und Aluminiumanteilen besteht bzw. bestehen und ihre Dicke etwa 0,5 mm beträgt.

Die vorliegende Erfindung betrifft einen selbst stromliefernden Neutronendetektor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Promptanzeigende, von fremden Spannungsquellen unabhängige Neutronendetektoren werden zur kontinuierlichen Messung der Neutronenflußdichte in oder nahe des Kerns von Kernreaktoren verwendet. Sie liefern bei Neutronenbestrahlungen aufgrund von (n, γ) -Prozessen Compton- oder Photoelektronen, die einen Strom darstellen und damit ein dem Neutronenfluß proportionales Meßsignal bilden. Vorteile gegenüber Spalt- oder Ionisationskammern haben diese Neutronendetektoren unter anderem auch durch die geringeren Abmessungen, den einfachen und daher robusten Aufbau, Temperaturbeständigkeit bis zu 800°C und einen Meßbetrieb ohne Anlegen einer Spannung.

Bei der Inneninstrumentierung von Kernreaktoren sind derartige Neutronendetektoren bekannt, bei denen ein zylindrischer Emitter von einem Kollektor ummantelt ist, wobei beide durch eine Isolierschicht elektrisch getrennt sind. Aus der DE-AS 23 60 221 ist auch schon ein großflächiger, von fremden Spannungsquellen unabhängiger Neutronendetektor der im Oberbegriff des Anspruchs 1 vorausgesetzten Art bekannt, bei dem

durch die Wahl eines großflächigen Emitters die Neutronenempfindlichkeit deutlich erhöht ist. Dieser Detektor kann zur kontinuierlichen Messung der Neutronenflußdichte im kernnahen Bereich eingesetzt werden. Bei diesem Detektor ist der Emitter als großflächiges Rohr ausgebildet, dem je ein Rohr auf der Innen- und Außenseite als Kollektor zugeordnet ist. Emitter und Kollektoren sind durch keramische Isolatoren, z. B. Al_2O_3 , elektrisch voneinander getrennt. Die beiden Kollektorrohre sind vom Emitter gleich weit entfernt und überragen den Emitter etwas an den Stirnseiten. Man erhält dadurch einen geschützten, mechanisch festen Aufbau für das ganze Gebilde. Als Material für den Emitter wurden Kadmium und Gadoliniumfolie mit nicht mehr als 1 mm Dicke vorgesehen.

Aus der DE-OS 24 30 295 ist auch schon ein Neutronendetektor mit einem Emitter bekannt, an welchen sich eine zusätzliche Abschirmungsschicht anschließt. Diese Schicht erhöht allerdings nicht die Elektronenausbeute, sondern schirmt niederenergetische Elektronen ab, was bei dem verwendeten Meßprinzip ein günstigeres Signal/Rausch-Verhältnis bewirkt. Zur Steigerung der Empfindlichkeit anderer Detektoren gibt diese Schrift keinen Hinweis.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Neutronenempfindlichkeit eines selbst stromliefernden Neutronendetektors der im Oberbegriff des Anspruchs 1 vorausgesetzten Art zu erhöhen und dabei gleichzeitig jedoch die Menge des benötigten Gadoliniums zu verringern.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 dadurch, daß der Emitter aus einer nur etwa 0,1 mm dicken Gadoliniumfolie besteht und daß sich an diese auf ihrer Innen- und/oder Außenseite jeweils eine zusätzliche Hilfsemitterschicht anschließt bzw. anschließt.

Gadolinium hat gegenüber anderen Materialien einen sehr hohen Absorptionsquerschnitt für thermische Neutronen, so daß der Emitter sehr dünn gewählt werden kann, ohne daß die Empfindlichkeit darunter leidet. Da Gadolinium ein sehr teures Material ist, kommt wirtschaftlich eine Verwendung erst bei sehr geringen benötigten Mengen in Betracht. Durch eine hohe Selbstabsorption von Gadolinium findet die Neutronenabsorption vorwiegend in einem sehr kleinen Bereich der äußeren Schicht des Emitters statt, weshalb eine dickere Ausführung des Emitters keine bessere Empfindlichkeit bedeutet. Nachteilig wirkt sich die geringe Emitterdicke jedoch auf die Compton- und Photoelektronenproduktion aus, welche letztendlich das Signal darstellt. Man kann nun die Neutronenempfindlichkeit dadurch steigern, daß der Emitter auf der Innen- und/oder Außenseite mit einer Hilfsemitterschicht versehen wird. In dieser Hilfsemitterschicht findet dann die Bildung von Compton- und Photoelektronen durch die aus dem Emitter kommende γ -Strahlung statt. Statt eines dicken Emitters, welcher nach Einfang von Neutronen direkt Elektronen aussendet, kann nunmehr ein weniger Material benötigender sehr dünner Gadolinium-Emitter verwendet werden, welcher nach Neutroneneinfang γ -Strahlung aussendet. Diese wird in der Hilfsemitterschicht dann in β -Strahlung umgewandelt, welche dann das Meßsignal bildet. Besonders geeignet ist die Verwendung dieses Prinzips bei großflächigen Detektoren entsprechend der DE-AS 23 60 221, wobei der Emitter dann auf beiden Seiten mit einer Hilfsemitterschicht versehen wird. Eine solche Ausführungsform ist für geringere Neutronenflüsse als Meßgerät geeignet, z. B. bei

der Außeninstrumentierung von Hochtemperaturreaktoren. Messungen bei einem thermischen Neutronenfluß von $10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ haben gezeigt, daß entgegen früheren Annahmen nach sieben Monaten Bestrahlungszeit noch keine Abbrandeffekte festzustellen waren. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß der gemittelte thermische Neutronenfluß über den Emitter infolge von Flußdepression und Selbstabschirmung nur ca. 2,5% des ungestörten Neutronenflusses beträgt.

In Ausgestaltung der Erfindung wird im Anspruch 2 vorgeschlagen, daß die Hilfsemitterschicht(en) aus einem Stoff hoher Dichte und höherer mittlerer Ordnungszahl als der des die isolierenden Schichten bildenden Stoffes besteht bzw. bestehen. Dies begünstigt die Produktion von Compton- und Fotoelektronen und ermöglicht auch eine verhältnismäßig dünne Hilfsemitterschicht.

In besonderer Ausgestaltung der Erfindung wird im Anspruch 3 in Verbindung mit isolierenden Schichten aus Al_2O_3 (Dichte ungefähr $3,8 \text{ g/cm}^3$) oder MgO vorgeschlagen, daß die Hilfsemitterschicht(en) aus einer Nickel-Legierung besteht bzw. bestehen. Als geeignet hat sich eine Nickel-Basis-Legierung mit Kobalt-, Chrom- und Aluminiumbestandteilen und einer Dichte von ungefähr $8,5 \text{ g/cm}^3$ erwiesen. Dieses Material eignet sich sowohl für den Kollektor als auch für die Hilfsemitterschicht(en).

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird im Anspruch 4 vorgeschlagen, die Schichtdicke des Hilfsemiters so zu bemessen, daß ein Maximum der Zahl der darin ausgelösten Compton- und Fotoelektronen, die aufgrund des Elektronen-Transmissionsgrades der Hilfsemitterschichten tatsächlich austreten, erreicht wird. Die Hilfsemitterschichten dürfen nämlich einerseits nicht so dick sein, daß die entstehenden Elektronen gar nicht aus ihnen herausgelangen, müssen aber andererseits so dick sein, daß ein möglichst großer Anteil der γ -Strahlen in Elektronen umgewandelt wird.

Im Anspruch 5 wird dementsprechend vorgeschlagen, daß die Hilfsemitterschicht(en) aus Legierungen auf Nickel-Basis mit Kobalt-, Chrom- und Aluminium-Anteilen besteht bzw. bestehen und ihre Dicke etwa 0,5 mm beträgt. Bei dieser Dicke wird dabei ein Optimum der Elektronenausbeute erreicht.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt, und zwar zeigt die Zeichnung lediglich einen Querschnitt durch einen Neutronendetektor, der bis auf die Hilfsemitterschichten sonst im prinzipiellen Aufbau dem Detektor nach der DE-AS 23 60 221 gleicht.

Ein als Rohr aus einer dünnen Gadolinium-Folie ausgebildeter Emitter 1 ist konzentrisch in ein als Außenkollektor 2 vorgesehenes Rohr und ein als Innenkollektor 3 vorgesehenes Rohr eingesetzt. Durch Isolierschichten 4 und 5 sind die drei Rohre voneinander elektrisch isoliert. An den Emitter 1 schließt sich auf seiner Außenseite ein Hilfsemitter 6 und auf seiner Innenseite ein Hilfsemitter 7 an. Die Hilfsemitter sind ebenfalls als Rohre ausgebildet und können beispielsweise aus dem gleichen Material bestehen wie die Kollektoren. Die ganze Anordnung hat einen Außendurchmesser von etwa 6 cm und einer Länge, die je nach den Anforderungen in weiten Grenzen variierbar ist. Die elektrischen Anschlüsse erfolgen wie in der DE-AS 23 60 221 beschrieben. Aufgrund der erzielten höheren Empfindlichkeit werden allerdings kompliziertere Formen für die einzelnen Schichten, wie sie dort beschrieben sind, un-

Mit dem beschriebenen Aufbau eines selbst stromliefernden Neutronendetektors wurde das Produkt aus Empfindlichkeit und Lebensdauer erheblich gesteigert.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen
